

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ

Кафедра системного програмування і спеціалізованих комп'ютерних систем

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис) Тарасенко В.П.
(ініціали, прізвище)

“ ____ ” червня ____ 2019 р.

**Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра**

з напрямку підготовки 6.050102 «Комп'ютерна інженерія»

на тему: Додаток для забезпечення маневрування корабля

Виконав: студент IV курсу, групи КВ-43
(шифр групи)

Остапенко Максим Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник доцент, к.т.н., с.н.с. Боярінова Ю. Є.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант з нормоконтролю к.т.н. Клятченко Я.М.
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.
Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

Пояснювальна записка до дипломного проекту

на тему: Додаток для забезпечення маневрування корабля

Київ – 2019 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет прикладної математики

Кафедра системного програмування і спеціалізованих комп'ютерних систем

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки 6.050102 «Комп'ютерна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Тарасенко В.П.
(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» ____ червня ____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студента

Остапенко Максима Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проект Додаток для забезпечення маневрування корабля _____

керівник проекту к.т.н., с.н.с. Боярінова Ю. Є. _____ ,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «_06_» квітня 2018 р. №1108-с

2. Термін подання студентом проекту _____

3. Вихідні дані до проекту: відображення траєкторій для виконання основних морських маневрів на карті автоматизованого робочого місця помічника каптана корабля з навігаційної обстановки _____

4. Зміст пояснювальної записки: обґрунтування необхідності використання електронних додатків для вирішення задач маневрування, аналіз існуючих рішень та їх огляд, опис математичної моделі вирішення цих задач, середовища розробки, системи обміну інформації та опис додатку з результатами _____

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): Схема структурна, блок-схема модуля «Rapprochement», схема зв'язків модулів програми. _____

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Норм. контроль	Клятченко Я.М.		

7. Дата видачі завдання «5» лютого 2018 року.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
	Розробка технічного завдання	5.02.2018	
	Аналіз існуючих рішень	3.03.2018	
	Вибір середовища розробки	12.03.2019	
	Розробка програмного продукту	15.04.2019	
	Відлагодження програмного продукту	25.04.2019	
	Підготовка пояснювальної записки	10.05.2019	
	Оформлення матеріалів проекту	15.05.2019	
	Попередній огляд матеріалів диплому на кафедрі	21.05.2019	

Студент

_____ (підпис)

_____ (ініціали, прізвище)

Керівник проекту

_____ (підпис)

_____ (ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

Анотація

Метою дипломного проекту є створення додатку маневрування корабля для полегшення роботи мореплавців шляхом автоматизації розрахунків траєкторії маневру необхідних для прийняття швидких рішень. Дані будуть отримуватись з вже існуючих електронних навігаційних карт, а також з радіолокаційних станцій на самому кораблі.

Даний додаток надає чіткі уявлення про становище, цілей та об'єктів за стандартами Міжнародної морської організації. В цьому проекті є можливість роботи з картою, розрахунок часу, курсу та траєкторії руху для вирішення основних задач маневрування відносно інших кораблів та пошуку в заданій зоні.

Для написання даної програми була обрано середовище Qt Creator, яке було розроблено для мови C++ і містить в собі набір готових елементів інтерфейсу. В даному середовищі є можливість створення додатків на всі сучасні операційні системи, такі як Linux, Windows та Mac. Також активно ведеться розробка бібліотек для роботи за картами.

[illegible]

ЗМІСТ

1. Найменування і область застосування.....	2
2. Підстава для розробки	2
3. Ціль і призначення роботи	2
4. Джерела роботи	2
5. Етапи розробки.....	2

					ІАЛЦ. 045490.0005 ТЗ			
	А	№ докум.	Підпи	Д	Додаток для забезпечення маневрування корабля Технічне завдання			
Розробив	Остапенко М.В.							
Перевірив	Боярінова Ю.Є.							
Н. контроль	Клятченко Я.М.							
Затвердив	Тарасенко В.П.				НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського" ФПМ			

1. Найменування і область застосування

Найменування роботи – «Додаток для забезпечення маневрування корабля».

Галузь застосування: додаток для відображення траєкторій для виконання основних морських маневрів на карті автоматизованого робочого місця на різних морських військових кораблях

2. Підстава для розробки

Підставою для розробки є завдання на дипломне проектування, затверджене кафедрою системного програмування і спеціалізованих комп'ютерних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського».

3. Ціль і призначення роботи

Метою даного проекту є створення оновленого та зручного програмного забезпечення для вирішення задач маневрування військових кораблів.

4. Джерела роботи

Джерелами роботи є науково-технічна література, опису роботи, публікації у періодичних виданнях та електронні статті у мережі Інтернет.

5. Етапи розробки

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту
	Розробка технічного завдання	5.02.2019
	Аналіз існуючих рішень	3.03.2019
	Вибір середовища розробки	12.03.2019
	Розробка програмного продукту	15.04.2019
	Відлагодження програмного продукту	25.04.2019
	Підготовка пояснювальної записки	10.05.2019
	Оформлення матеріалів проекту	15.05.2019
	Попередній огляд матеріалів диплому на кафедрі	21.05.2019

					ІАЛЦ.045420.0005 ТЗ	Арк.
						2
Змі	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[illegible]

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ ...	3
ВСТУП	4
1. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМИ ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ	5
a. АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ.....	5
b. СИСТЕМА FMD-3200.....	7
1.3.ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС «ТАНДЕМ»	9
2. МАТЕМАТИЧНИЙ АПАРАТ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ МАНЕВРУВАННЯ	14
a. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ЕЛЕМЕНТИ МАНЕВРУВАННЯ	14
b. АЛГОРИТМИ ЗАДАЧ ПЕРЕХОПЛЕННЯ	17
i. ЗМІНА ПОЗЦІЇ З ОДНЧАСНОЮ ЗМІНОЮ НАПРЯМКУ І ДИСТАНЦІЇ	18
ii. ЗМІНА ДИСТАНЦІЇ ДО ОБ'ЄКТА МАНЕВРУ	23
iii. ЗМІНА НАПРЯМКУ В НАЙКОРОТШИЙ СРОК.....	25
c. АЛГОРИТМИ ЗАДАЧ ПОШУКУ	28
i. ПОШУК НА ПРЯМОМУ ГАЛСІ ПАРАЛЕЛЬНИМИ КУРСАМИ 28	
ii. ПОШУК З ПРИСКОРЕНОЮ ПОБУДОВОЮ НА ПЕРЕХОДІ	32
iii. ПАТРУЛЮВАННЯ ВЗАЄМНОПРОТИЛЕЖНИМИ ГАЛСАМИ	34
iv. ПАТРУЛЮВАННЯ ПЕРЕХРЕСНИМИ ГАЛСАМИ.....	35
3. СЕРЕДОВИЩЕ РОЗРОБКИ	37
a. СЕРЕДОВИЩЕ РОЗРОБКИ QT DESIGNER	38
b. ДОДАТОК ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ QT DESIGNER 39	

4. ОПИС ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ	41
а. ІНТЕРФЕЙС КОРИСТУВАЧА	41
ВИСНОВКИ.....	46
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА	47
ДОДАТКИ	

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

АРМ – автоматизоване робоче місце;

ГІС – географічна інформаційна система;

ЕКНІС – електронно-картографічна навігаційно-інформаційна система;;

ЕНК – електронні навігаційні карти;

ЗАРП – засіб автоматичної радіолокаційної прокладки;

ПАК – програмно-апаратний комплекс;

ПЕОМ – персональна електронна обчислювальна машина;

ПЗ – програмне забезпечення;

РЛС – радіолокаційна станція;

DDS (Data Distribution System) – система поширення даних

IMO (International Maritime Organization) – Міжнародна морська організація;

ВСТУП

Маневрування корабля складається з великої кількості різноманітних маневрів, таких як розгляд повороту, ведення курсу, прискорення, уповільнення та підтримку швидкості. Також у цей список можуть входити більш спеціалізовані проблеми поводження з кораблем, наприклад, виробництво бічних рухів для стикування або роз'єднання, поворот на місці та позиціонування з використанням допоміжних двигунів або керованих силових агрегатів, пошук та перехоплення інших кораблів.

На сьогоднішній день існує концепція, розроблена під егідою Міжнародної морської організації (ІМО) ООН яка полягає в необхідності забезпеченні всіх морських судів електронними засобами навігації з метою підвищення безпеки в комерційних секторах судноплавства шляхом кращої організації даних на суднах та на березі, а також кращого обміну даними між ними.

Електронна картографічна навігаційна інформаційна система (ЕКНІС) є такою технологією, яка надає значні переваги для забезпечення безпеки морського простору та підвищення ефективності роботи моряків. ЕКНІС - це система навігації в режимі реального часу, яка об'єднує різноманітну інформацію, яка відображається та інтерпретується в реальному часі. Це автоматична допомога щодо прийняття рішень, здатна постійно визначати позицію судна стосовно землі, орієнтованих об'єктів, засобів навігації та видимих або невидимих для людського ока небезпек.

Дані системи використовуються на військових кораблях, в цілях побудови оптимальних маршрутів перехоплення, пошуку та стикування з іншими кораблями.

1. ОБҐРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ДОДАТКУ ДЛЯ МАНЕВРУВАННЯ ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

1.1.АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ

Електронна навігація визначається як гармонізована збірка для інтеграції, обміну, представлення та аналізу морської інформації на борту та на березі за допомогою електронних засобів для покращення навігації від причалу до причалу та пов'язаних з нею послуг з охорони та безпеки на морі та морського середовища [1].

Метою є розробка додатку для забезпечення маневрування корабля, який входить до автоматизованого робочого місця (АРМ) помічника капітана, у військових цілях. Розробка проходила за допомогою інтеграції існуючих та нових навігаційних інструментів, які сприяють підвищенню наземної та морської безпеки, одночасно зменшуючи навантаження на екіпаж корабля.

Таким чином, АРМ включає в себе нові технології структурованим способом та забезпечує відповідність їх використання різноманітним навігаційним комунікаційним технологіям, забезпечуючи загальну, точну, безпечну та економічно ефективну систему. Покращення даного продукту залишається безперервною роботою, оскільки її підтримуюча технологія продовжує еволюціонувати втілювати в поточні морські операції.

Електронна картографічна навігаційно-інформаційна система (ЕКНІС) приймає, обробляє і відображає інформацію від наступних зовнішніх електронних навігаційних систем і приладів:

- систем визначення місця;
- визначників курсу та швидкості корабля;
- ехолота;
- автоматичної ідентифікаційної системи;
- системи радіолокації і т. д.

У ЕКНІС використовуються офіційні електронні карти в форматіСМ-93v3 виробництва компанії С-МАР, також в програмі передбачений імпорт карт з формату S-57.

Засоби електронної картографії мають цілу низку важливих переваг, що стимулюють їх застосування на морських судах замість фізичних карт. До них відносяться:

- Автоматичне ведення виконавчої прокладки;
- Можливість оперативного контролю з боку штурмана за поточним місцезнаходженням судна в будь-який час;
- Можливість об'єднання на єдиному екрані всієї суднової навігаційної інформації;
- Автоматичний контроль за рухом по заданій траєкторії, встановленої в ході попередньої прокладки;
- Автоматична сигналізація при підході судна до небезпек, зазначеним судноводієм районам, при підході судна до точки повороту;
- Автоматична сигналізація про порушення в роботі ЕКНІС (використання карт неналежного масштабу, різних систем координат, вихід з ладу навігаційних датчиків і несправність системи);
- Автоматична архівація інформації про роботу основних навігаційних датчиків і навколишнього навігаційної обстановки з можливістю подальшого аналізу руху свого судна і оточуючих його судів;
- Автоматична архівація електронних записів суднового журналу.

Завдяки зазначеним перевагам, ЕКНІС забезпечується більш ефективно і наочне уявлення навігаційної інформації, що дозволяє знизити навантаження на штурманський склад при веденні прокладки і, завдяки цьому, більше часу приділяти спостереженню за навколишнім оточенням і виробленні обґрунтованих рішень з управління судном

1.2.СИСТЕМА FMD-3200

FMD-3200 – це електронна картографічна навігаційна інформаційна система від компанії FURUNO, яку було розроблено у повній відповідності з

останніми стандартами та вимогами морських стандартів ІМО, ІНО та ІЕС [2].

FMD-3200 може працювати з морськими електронними картами ЕНК S57 версії 3, ARCS і C-MAP CM 93 версії 3. У випадку, якщо цікавий район виходить за межі покриття ЕНК, можна використовувати карти ARCS. Обидві бази даних зберігаються в пам'яті ЕКНІС, що забезпечує безпошуковий вибір.

Високі технології забезпечують швидку і безперебійну обробку даних. Електронну карту можна поєднувати з даними РЛС з ЗАРП і багатьма іншими навігаційними даними, такими, як місце розташування судна, курс, швидкість.

Через локальну мережу Ethernet до FMD-3200 можна підключати РЛС з ЗАРП, автопілот та інше обладнання. Мережа 100 Base-T дозволяє здійснювати високошвидкісну і стабільну передачу даних. Навігаційні дані можуть використовуватися всіма компонентами, підключеними до мережі.

В якості дисплейних блоків використовуються 19 дюймові LCD монітори які забезпечують чітке і добре зображення. Залежно від оточуючих умов на капітанському містку яскравість екрану може регулюватися для досягнення оптимальної видимості протягом доби. Ергономічний дизайн панелі управління забезпечує комфорт і спрощує інтуїтивне управління.

Електронна карта може поєднуватися з безліччю навігаційних даних, що істотно спрощує навігацію і підвищує безпеку мореплавання.

Робочі карти: ЕНК (S57 Версія 3), ARCS і C-MAP CM93 версія 3

Також серед особливостей системи FMD-3200 можна виділити:

- Прокладка маршруту може здійснюватися як по проекції, так і за дугою великого кола;
- Система «Track Control» при підключенні авторульового;
- Навігаційні дані за останні 12 годин можуть реєструватися в журнал (записані дані включають: час, місце розташування судна, поправочні дані GPS, курс і швидкість судна);
- Ергономічний дизайн панелі управління.

Основними функціями даної системи є прокладання шляху та внесення змін в існуючі карти.

Внесення змін вручну (рис. 1.2.1) може бути корисним, оскільки це надає можливість додавання об'єктів або тимчасових змін на карту для подальшої побудови заданого маршруту (рис.1.2.2).

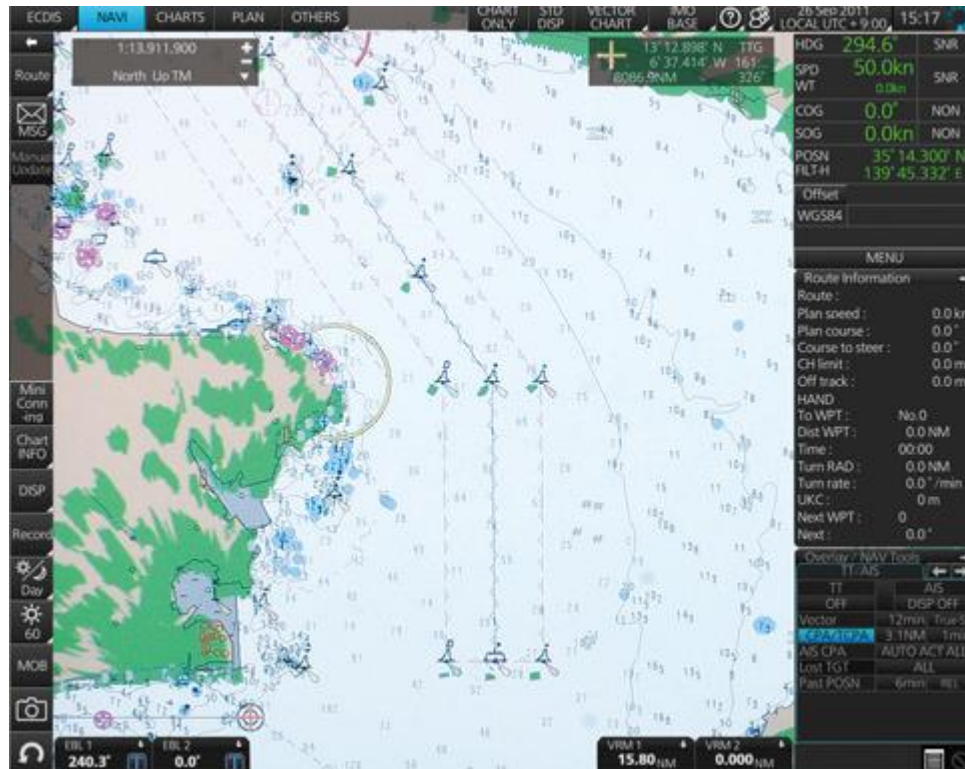


Рисунок 1.2.1 – Інтерфейс меню редагування карти



Рисунок 1.2.2 – Налаштування та прокладання маршруту

1.3. ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС «ТАНДЕМ»

ПАК «Тандем» - продукція державного підприємства «Науково-дослідний інститут «Квант» яка була розроблена у 90-ті роки в рамках створення комплексу навігації і кораблеводіння (КНК «Каштан») для потреб Військово-морських сил України [3].

Програмно-апаратний комплекс (ПАК) «Тандем» виконаний на базі двох ПЕОМ і з точки зору програмно-алгоритмічного забезпечення (ПАЗ) виріб має ряд відмінних рис, основні з яких наступні:

- стандартне і спеціалізоване ПАТ кожної ПЕОМ уніфіковано і є ідентичним;
- в кожній з ПЕОМ забезпечується сполучення з корабельними джерелами інформації як по інтерфейсу K3422 (МР-244м, «Каштан», ННЦ), так і з мережевого каналу Ethernet («Каштан», «Торнадо ОГ»);
- для розвантаження центрального процесора в ПЕОМ введено інтелектуальний інтерфейс K3422 на 8 каналів, що містить процесор вводу-виводу 80286 і пам'ять в обсязі 512 КВ;
- забезпечується обмін інформацією між двома ПЕОМ комплексу ПАК за запитами однієї з ПЕОМ, як з мережевого каналу, так і по інтерфейсу K5422;
- для відображення великого обсягу інформації в графічній зоні і в інформаційних вікнах на тлі карти потрібно застосування в ПЕОМ моніторів з діагоналлю 21 або 13 дюймів з роздільною здатністю від 0,26 до 0,28 мм.

Для підвищення якості зображення застосовані відеокарти для шини PCI зі спеціальними схемами - прискорювачами роботи з графікою.

Для забезпечення роботи розширених графічних режимів монітора 1600x1280 і 1280x1024 для 256 кольорів потрібне застосування відеокарт з об'ємом пам'яті НАМ порядку 2МВ;

- підтримка розширеного графічного режиму і спільне рішення в реальному масштабі часу завдань прийому, відображення

інформації на тлі карти, документування, завдань маневрування і оцінки обстановки без втрати вхідної інформації може бути забезпечене центральним процесором з тактовою частотою не нижче 100 МГц.

В системі забезпечується вирішення наступних основних завдань:

1. Відображення контрольної інформації безпосередньо після завантаження системи (тест системи);

2. Прийом через СОМ-порт вторинної РЛС-інформації про супроводжуваних цілях (до 60 цілей), що надходить від ЗАРП «Панорама-2М». У реальному масштабі часу забезпечується:

- відображення РЛС-інформації на тлі карти;
- запам'ятовування інформації на диску;
- одночасна видача прийнятих оглядів через СОМ-порт для інших користувачів;
- друк графіки екрану;
- друк формулярів огляду.

Формуляр кожної супроводжуваної цілі включає в себе:

- номер цілі N_i ;
- пеленг цілі Π_i і дальність до цілі D_i ;
- курс цілі K_i і швидкість цілі V_i .

3. Операції з файлами оглядів, раніше записаних на диску:

- вибір файлу і довідка про фото;
- вибір огляду і його перегляд;
- друк графіки огляду;
- друк формулярів огляду;
- передача через СОМ-порт файлу оглядів для інших користувачів;
- прийом через СОМ-порт файлу оглядів від інших користувачів і запам'ятовування його на диску (розмір файлу до 400 оглядів).

4. Рішення завдання перехоплення (вихід маневрового корабля на задану дистанцію з заданим курсовим кутом):

- для будь-якої пари супроводжуваних цілей:

- корабля, що маневрує - МК;
 - об'єкта маневрування - ОМ;
 - для довільної пари без супроводу цілей.
5. Формування поточного запису оператора з використанням заготовок, видача її на друк і запам'ятовування на диску.
6. Операції з файлами записів оператора, раніше записаних на диску:
- вибір файлу і довідка про файл;
 - вибір записів і перегляд записів;
 - друк обраної групи записів;
 - передача записів через СОМ-порт для інших користувачів;
7. прийом через СОМ-порт файлу записів від інших користувачів і запам'ятовування його на диску (розмір файлу до 100 записів).
8. Операції з довільними текстовими файлами, раніше записаними на диску:
- вибір файлу і довідка про файл;
 - вибір тексту і перегляд тексту;
 - друк обраного тексту;
 - передача тексту через СОМ-порт для інших користувачів;
 - прийом через СОМ-порт текстового файлу від інших користувачів і запам'ятовування його на диску (розмір файлу до 3800 рядків).
9. Вивід на екран параметрів системи, що зберігаються в окремому файлі поточної директорії.
10. Вивід на екран опису, вбудованого в систему.
11. Обчислення географічних і відносних координат довільних об'єктів з використанням прямого і зворотного геодезичних задач на еліпсоїді Красовського.
12. Управління електронною картою:
- зміна масштабу карти;
 - встановлення режиму «мікроплан» в кожному масштабі карти;
 - коригування електронної карти з метою внесення до неї спеціальної інформації.

13. В системі використовується електронна карта 32101 (масштаб 200000), об'єднана з окремими елементами карти 35112 (масштаб 75000).

14. На карті відображаються:

- лінії берега;
- ізобати 5, 10 м;
- рекомендовані курси і фарватери;
- зони поділу руху суден;
- якірні стоянки;
- буї, віхи;
- небезпечні мілини і банки;
- держкордон;
- місцезнаходження та зони відповідальності застав і пункт технічного спостереження.

Загальний вигляд програмно-апаратного комплексу «Тандем» можна побачити на рисунку 1.3.1.

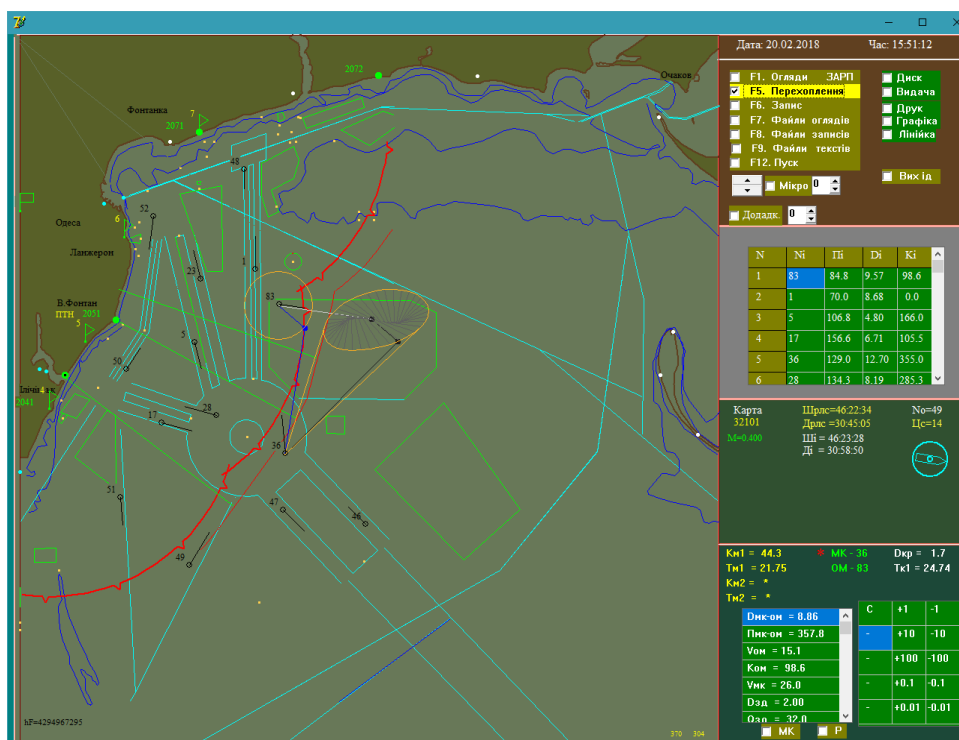


Рисунок 1.3.1 – Інтерфейс ПАК «Тандем»

В цілому ПАК «Тандем» являє собою однокористувацьку, багатозадачну систему з багатовіконним відображенням порядку 30 візуальних і невізуальних компонентів розроблену в середовищі розробки Delphi.

2. МАТЕМАТИЧНИЙ АПАРАТ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ МАНЕВРУВАННЯ

2.1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ЕЛЕМЕНТИ МАНЕВРУВАННЯ

Корабель, що маневрує (МК) - свій корабель, що виконує маневр для зміни положення щодо іншого корабля з метою використання у ній зброї або рішення інших тактичних завдань.

Об'єкт маневру (ОК) – корабель, відносно якого відбувається маневр. Якщо об'єкт маневру - корабель противника, його називають противником (ціллю). Якщо об'єкт маневру - свій корабель, щодо якого здійснюється рівняння в строю, він іменується зрівнювачем.

Відносна позиція - стан корабля, що маневрує щодо об'єкта маневру. Елементи позиції МК (рис. 2.1) – це величини, що характеризують напрямок і довжину радіус-вектор відносної позиції r початок якого - об'єкта маневру K , а кінець - корабель, що маневрує M : істинний пеленг Π з корабля K на корабель M або курсовий кут q_K корабля K і відстань D від корабля K до корабля M [4].

Перехід від одного способу вказівок елементів позиції МК до іншого

$$\Pi = K_K + q_K;$$

$$q_R = \Pi - K_K;$$

Де K_K - істинний курс корабля K .

При користуванні цими формулами курсові кути правого борту вважаються позитивними, лівого борту – негативними.

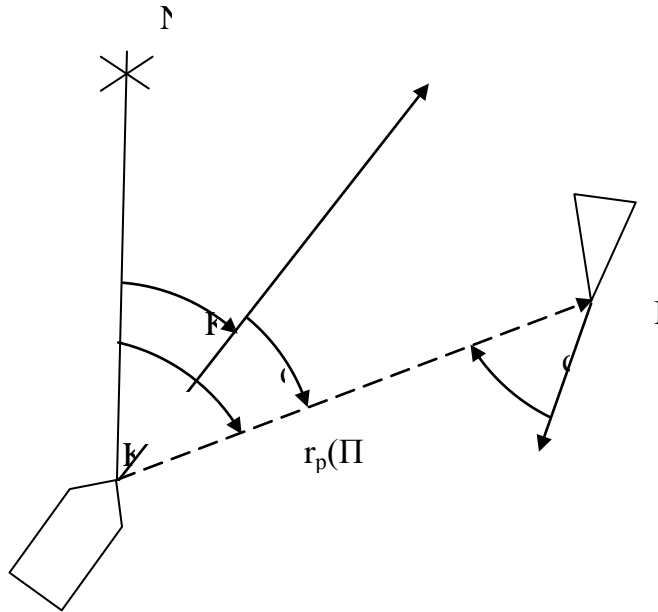


Рисунок 2.1 – Елементи позицій під час маневру

Основні елементи маневрування: ЗВЗВ (загальна величина зміни відстані) - швидкість зміни відстані між кораблями за часом; ВЗП (величина зміни пеленга) - швидкість зміни пеленга; ЗБП (загальне бічне переміщення) - швидкість відносного переміщення в напрямку, перпендикулярному лінії пеленга.

Формули для маневрування при розрахунку основних елементів двосторонньому маневруванні:

$$\text{ЗВЗВ} = \text{ВЗВ}_K + \text{ВЗВ}_M;$$

$$\text{ОЧП} = \text{БП}_K + \text{БП}_M;$$

$$\text{ВЗП} = \frac{57.3 * \text{ЗБП}}{D};$$

Формули для розрахунку ВІР і БП:

якщо ВІР і БП виражаються в тих же одиницях, що і швидкості кораблів:

$$\text{ЗВЗ}_K = -V_K \cos(q_K); \text{ЗВЗ}_M = -V_M \cos(q_M);$$

$$\text{БП}_K = V_K \sin(q_K); \text{БП}_M = V_M \sin(q_M);$$

$$\text{ЗВЗВ} = -V_p \cos(q_p); \text{ОЧП} = V_p \sin(q_p);$$

якщо ЗВЗ і БП виражаються в каб/хв, а швидкості кораблів – у kn (вузлах) або ж якщо ЗВЗ і БП в гм/хв, а швидкості кораблів в км/год:

$$ЗВЗ_K = -\frac{1}{6}V_K \cos(q_K); ЗВЗ_M = -\frac{1}{6}V_M \cos(q_M);$$

$$БП_K = \frac{1}{6}V_K \sin(q_K); БП_M = \frac{1}{6}V_M \sin(q_M);$$

$$ЗВЗВ = -\frac{1}{6}V_p \cos(q_p); ОЧП = \frac{1}{6}V_p \sin(q_p).$$

де V_p - відносна швидкість;

q_p - відносний курсовий кут.

Правила знаків:

- ЗВЗ при курсових кутах корабля від 0 до 90° негативний (зближення), при курсових кутах від 90° до 180° позитивний (віддалення);
- БП при курсових кутах корабля правого борта позитивний, при курсових кутах лівого борту негативний;
- знак ВЗП завжди однаковий зі знаком ОЧП.

Формули для розрахунку відстані D , і пеленга Π , між кораблями після закінчення проміжку часу t після початку маневру:

$$D_1 = D_0 + ЗВЗВ * t;$$

$$\Pi_1 = \Pi_0 + ВЗП * t;$$

з урахуванням членів другого порядку малості:

$$D_1 = D_0 + ЗВЗВ * t + \frac{1}{2} * \frac{d^2 D}{dt^2} * t^2;$$

$$\Pi_1 = \Pi_0 + ВЗП * t + \frac{1}{2} * \frac{d^2 \Pi}{dt^2} * t^2;$$

Помилки обчислення кінцевих пеленгів і відстані по наближеним формулам:

$$\Delta D_1 = (1 - \cos\theta)D_1;$$

$$\Delta \Pi = \theta - 57,3/(\text{ctg}\theta + \text{ctg}q_{p0});$$

де θ — різниця кінцевого та початкового пеленгів, град;

q_{p0} — відносний курсовий кут на початок маневру, град.

2.2 АЛГОРИТМИ ЗАДАЧ ПЕРЕХОПЛЕННЯ

Завдання перехоплення пов'язані зі зміною взаємного положення кораблів. З двох кораблів об'єктом маневру є корабель, щодо якого визначається положення іншого корабля. Кораблем, що маневрує корабель,

положення якого визначається щодо об'єкта маневру. Елементи позиції МК - це координати, що визначають позицію (місце) МК щодо ОМ [5].

У початковий момент МК знаходиться в точці M_1 (початок координат), об'єкт маневру – в точці К (рис. 2.2) Положення ОМ в цей момент визначається дистанцією D_1 у і пеленгом Π_1 .

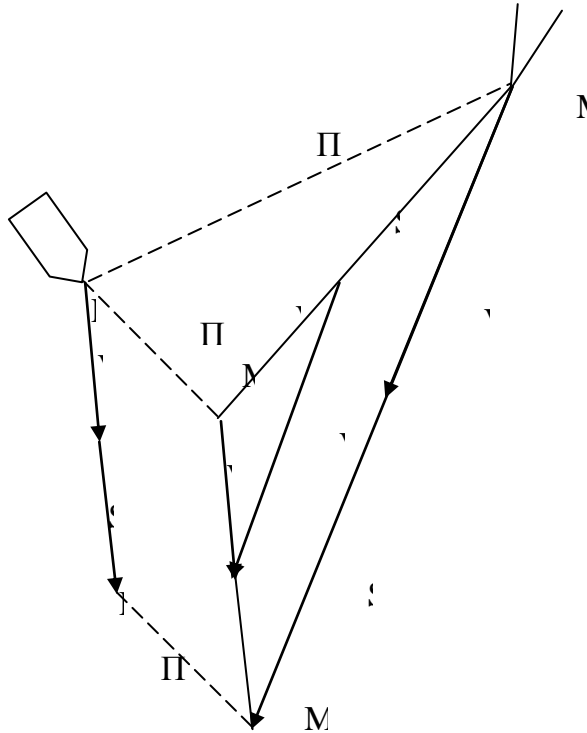


Рисунок. 2.2 – Зміна позиції з одночасною зміною напрямку та дистанції

Швидкість МК дорівнює \bar{V}_M , курс дорівнює K_M .

Швидкість ОК дорівнює \bar{V}_K , курс дорівнює K_K .

З трикутника швидкостей M_1AB слід:

$$\bar{V}_M = \bar{V}_K + \bar{V}_P$$

де: \bar{V}_P - вектор відносної швидкості МК щодо об'єкта маневру.

З трикутника переміщень $M_1 M_2 M_3$ маємо:

$$\bar{S}_M = \bar{S}_K \bar{S}_P,$$

де \bar{S}_K - переміщення ОМ, \bar{S}_M – переміщення МК, \bar{S}_P – відносне переміщення.

Розрахунки на ПЕОМ доцільно проводити аналітичним методом з максимально можливим відображенням на екрані результатів розрахунку маневру як у вигляді текстів, так і у вигляді графіків.

Передбачається використовувати систему координат M_1XY з початком координат в точці M_1 , в якій знаходиться корабель, що маневрує в момент початку обчислень. У ряді випадків системі координат XY надається швидкість об'єкта маневру \bar{V}_K . Іншими словами, об'єкт маневру зупиняється і його положення в прийнятій системі координат залишається незмінним.

Слід також зазначити, що застосування ПЕОМ може значно підвищити ефективність розрахунків та об'єктивність вибору оптимальних варіантів маневру.

Розглядаються такі основні способи перехоплення:

- Зміна позицій з одночасною зміною напрямку і дистанції
- Зміна дистанції до об'єкта маневру в найкоротший термін
- Зміна напрямку в найкоротший термін

2.2.1 ЗМІНА ПОЗІЦІЇ З ОДНЧАСНОЮ ЗМІНОЮ НАПРЯМКУ І ДИСТАНЦІЇ

При даному способі виконання маневру є значна кількість варіантів для його виконання.

Першим з них є рішення зі зміною позиції призначеної швидкістю ходу. При вирішенні даного завдання є відомими (рис.):

- початкова позиція МК D_1, P_1 ;
- задана позиція МК D_2, P_2 ;
- швидкість і курс ОМ V_K, K_K ;
- задана швидкість МК при маневрі $V_{\text{зад}} = V_M$;

Алгоритм рішення задачі включає наступні позиції:

1. введення початкових даних;
2. визначення величин:
 - курсу маневрує корабля K_{M2} для заняття заданої позиції;
 - часу заняття позиції T_2 ;
 - найкоротшої відстані D_{Kp} і часу найкоротшого зближення T_{Kp} при проходженні курсом маневру K_{M2} ;
 - діапазону значень швидкостей, при якому є можливість виконати маневр $V_{\text{зад}}$;

3. відображення на екрані позицій і векторів швидкості кораблів на початку маневру і після його закінчення.

У реалізованих на ПЕОМ алгоритмах передбачається, як варіант, безперервна індикація результатів маневру. В цьому випадку час запізнювання може бути прийнято рівним нулю.

Робочі формули розрахунку параметрів маневру приймають вид:

1. Обчислення відносного переміщення S_p .

З трикутника переміщень M_1KM_2 слід:

$$\overline{S}_p = \overline{D}_1 - \overline{D}_2.$$

Декартові координати відносного переміщення рівні:

$$X_{p2} = D_1 \sin \Pi_1 - D_2 \sin \Pi_2;$$

$$Y_{p2} = D_1 \cos \Pi_1 - D_2 \cos \Pi_2.$$

Значення S_{p2} дорівнює:

$$S_{p2} = \sqrt{X_{p2}^2 + Y_{p2}^2};$$

2. Розрахунок курсу маневру K_{M2} .

Відносний курс маневру K_{p2} дорівнює:

$$K_{p2} = \arctg \frac{X_{p2}}{Y_{p2}}.$$

Відносний курсовий кут дорівнює:

$$q_{p2} = K_{p2} - \Pi_1.$$

За теоремою синусів із трикутника швидкостей отримаємо:

$$\frac{V_K}{\sin (K_{M2} - K_{p2})} = \frac{V_M}{\sin (180^\circ - (K_K - K_{p2} - \Pi_2))},$$

Звідки отримуємо $K_{M2} = K_{p2} + \frac{V_K}{V_M} * \sin(K_K - K_{p2} - \Pi_2)$;

3. Відносна швидкість V_{p2} визначається за аналогічними формулами:

$$V_{p2Y} = V_{M2} \sin K_M - V_K \sin K_K;$$

$$V_{p2X} = V_{M2} \cos K_M - V_K \cos K_K.$$

$$V_{p2} = \sqrt{V_{p2X}^2 + V_{p2Y}^2};$$

4. Час заняття позиції складає:

$$T_2 = \frac{S_{p2}}{V_{p2}};$$

5. Найкоротший шлях дорівнює:

$$D_{кр} = D_1 \sin K_{p2}.$$

6. Час проходження траверсу дорівнює:

$$T_{кр} = \frac{D_1}{V_{p2}} \cos q_{p2}.$$

При реалізації зазначеного завдання в безперервному режимі передбачається можливість варіювання значеннями заданої швидкості $V_{зад}$.

В необхідних випадках, наприклад, при ручному введенні елементів позиції і швидкості об'єкта маневру і корабля, що маневрує, необхідно врахувати час запізнювання $t_{зан}$ (рис. 2.2.1).

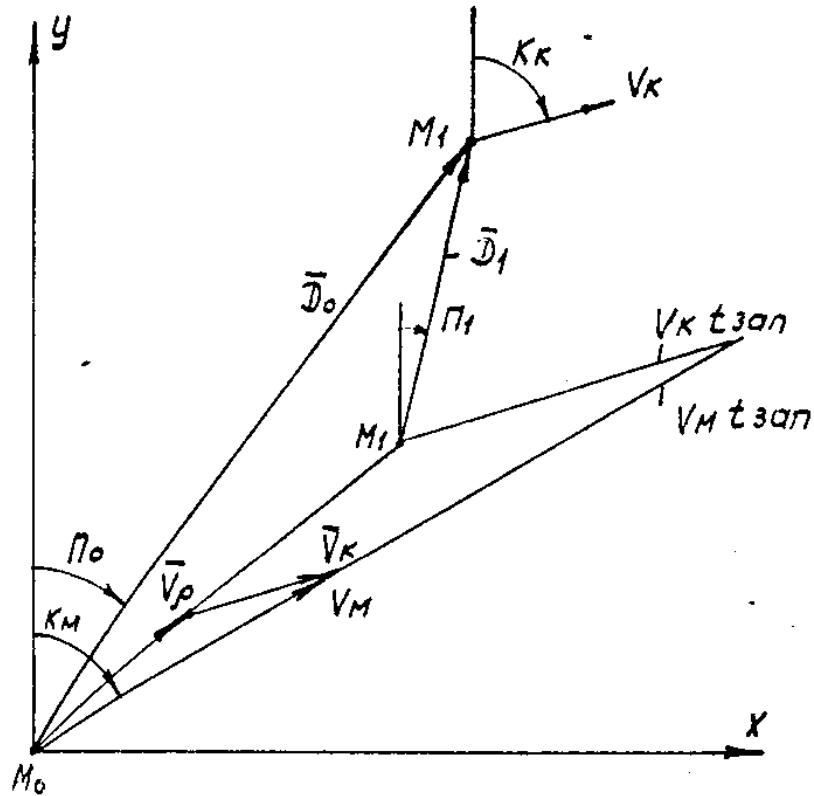


Рисунок 2.2.1 – Розрахунок часу запізнення.

До початку розрахунків позиція об'єкта маневру дорівнює D_0 , Π_0 .

Через час $t_{зан}$ становище об'єкта маневру щодо МК дорівнюватиме D_1 , Π_1 .

Декартові координати вектора \bar{D}_1 рівні:

$$X_1 = D_0 \sin \Pi_0 + (V_M t_{зан}) \sin K_M - (V_K t_{зан}) \sin K_K;$$

$$Y_1 = D_0 \cos \Pi_0 + (V_M t_{\text{зап}}) \cos K_M - (V_K t_{\text{зап}}) \cos K_K.$$

$$\text{Значення } D_1 = \sqrt{X_1^2 + Y_1^2};$$

$$\text{Пеленг } \Pi_1 = \arctg \frac{X_1}{Y_1}.$$

Обчислені величини D_1 і Π_1 в раніше наведених формулах є початковою позицією.

Другим варіантом вирішення цієї задачі є зміна позиції з мінімальною швидкістю ходу.

Необхідність зазначеного способу заняття позицій може виникнути в залежності від гідрометеорологічних умов, а також від технічного стану корабля.

Задана швидкість в цьому випадку дорівнює:

$$V_{\text{зад}} = V_{M \min}.$$

В іншому робочі формули ідентичні попередньому варіанту.

Останнім способом вирішення є зміна позиції в заданий термін. Необхідністю зазначеного маневру може виникнути при спільних діях кораблів. У зазначеному варіанті маневру необхідно знайти швидкість V_{M2} і курс K_{M2} , при маневрі. Порядок їх розрахунку є наступним:

1. Спочатку розраховуються величини S_{p2} , K_{p2} та q_{p2} по формулам з першого способу.
2. Визначається відносна швидкість

$$V_{p2} = \frac{S_{p2}}{T_{\text{зад}}},$$

де $T_{\text{зад}}$ – заданий час маневру.

3. Розраховуємо V_{M2} і K_{M2} за формулами:

$$\bar{V}_{M2} = \bar{V}_{p2} + \bar{V}_K,$$

$$V_{M2Y} = V_{p2} \sin K_p + V_K \sin K_K,$$

$$V_{M2X} = V_{p2} \cos K_p + V_K \cos K_K,$$

$$V_{M2} = \sqrt{V_{M2X}^2 + V_{M2Y}^2},$$

$$K_{M2} = \arctg \frac{V_{M2X}}{V_{M2Y}}.$$

В іншому вирішення цієї задачі є аналогічним.

2.2.2 ЗМІНА ДИСТАНЦІЇ ДО ОБ'ЄКТА МАНЕВРУ

Маневр застосовується у випадках, коли напрямок не впливає на результат виконання завдання, а відстань до об'єкта не дозволяє виконати поставлене завдання і, крім того для вирішення цієї задачі фактор часу є вирішальним.

При виконанні маневру є відомими (рис. 2.2.2):

- початкова позиція маневрує корабля D_1 і Π_1);
- задана дистанція $D_{\text{зад}} = D_2$;
- швидкість і курс об'єкта маневру V_K V_K , K_K);
- швидкість маневрує корабля V_M .

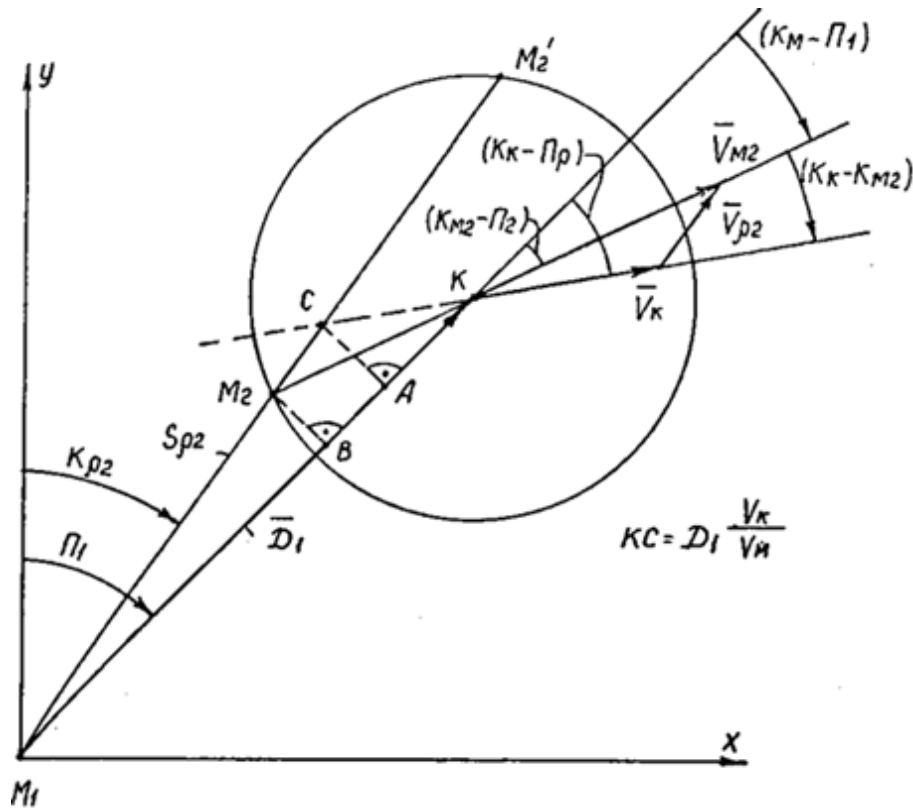


Рисунок 2.2.2 – Елементи позицій під час зміни дистанції до об'єкта маневру в найкоротший термін

Алгоритм рішення задачі включає наступні етапи:

1. введення початкових даних;
2. визначення величин:
 - курсу МК K_M для заняття позиції в найкоротший термін,
 - часу заняття позиції T_2 ,
 - найкоротшої відстані D_{kr} і часу найкоротшого зближення T_{kr} при проходженні курсом маневру K_{M2} ,

- діапазону значень $V_{\text{зад}}$, при якому є можливість виконати маневр;
3. відображення на екрані позицій і векторів швидкості кораблів на початку маневру і після його закінчення.

Розрахунок маневру при зміні дистанції в найкоротший термін виконується з урахуванням умов:

- при зменшенні дальності пеленг Π_2 в момент досягнення $D_{\text{зад}}$ спрямований по курсу K_{M2} , тобто курсовий кут q_{M2} в момент виходу на дистанцію $D_{\text{зад}}$ дорівнює нулю;
- при збільшенні дальності пеленг Π_2 в момент досягнення $D_{\text{зад}}$ спрямований в бік, протилежний вектору V_{M2} .

Виходячи зі сказаного, для визначення параметрів маневру будується трикутник KCM_2 , який подібний трикутнику швидкостей.

Робочі формули для маневру зі зменшенням дальності при цьому приймають вид:

1. відносний курсовий кут K_p знайдемо з прямокутних трикутників KCA і M_1CA :

$$KC = S_c = D_{\text{зад}} \frac{V_K}{V_M};$$

$$CA = S_c \sin(K_K - \Pi_1);$$

$$KA = S_c \cos(K_K - \Pi_1);$$

$$\text{tg}(\Pi_1 - K_{p2}) = \frac{CA}{D_1 - KA} = \frac{S_c \sin(K_K - \Pi_1)}{D_1 - S_c \cos(K_K - \Pi_1)};$$

$$K_{p2} = \Pi_1 \pm 180 - \arctg \frac{S_c \sin(K_K - \Pi_1)}{D_1 - S_c \cos(K_K - \Pi_1)};$$

2. із трикутника швидкостей знайдемо K_{M2} та V_{p2} .

$$\frac{V_K}{\sin(K_M - K_{p2})} = \frac{V_M}{\sin(180^\circ - (K_K - K_{p2}))};$$

$$V_{p2Y} = V_{M2} \sin K_M - V_K \sin K_K;$$

$$V_{p2X} = V_{M2} \cos K_M - V_K \cos K_K.$$

$$V_{p2} = \sqrt{V_{p2X}^2 + V_{p2Y}^2};$$

3. з трикутника позицій знаходимо:

$$S_{p2X} = D_1 \sin \Pi_1 - D_{\text{зад}} \sin K_{M2};$$

$$S_{p2Y} = D_1 \cos \Pi_1 - D_{\text{зад}} \cos K_{M2}.$$

$$S_{p2} = \sqrt{S_{p2X}^2 + S_{p2Y}^2};$$

4. Час маневру $T_2 = \frac{S_{p2}}{V_{p2}};$

5. Найкоротший шлях та час зближення дорівнюють

$$D_{\text{кр}} = D_1 \sin (\Pi_1 - K_{p2});$$

$$T_{\text{кр}} = \frac{D_1 \cos (\Pi_1 - K_{p2})}{V_{p2}}.$$

6. Пеленг $\Pi_2 = K_{M2}.$

2.2.3 ЗМІНА НАПРЯМКУ В НАЙКОРОТШІЙ СРОК

Маневр застосовується у випадках, коли відстань до об'єкта маневру дозволяє виконати завдання, а фактор часу є вирішальним.

При розрахунку маневру відомі (рис. 2.2.3):

- початкова позиція маневрує корабля $D_1, \Pi_1;$
- швидкість і курс об'єкта маневру $V_K, K_K;$
- швидкість маневрує корабля $V_M.$

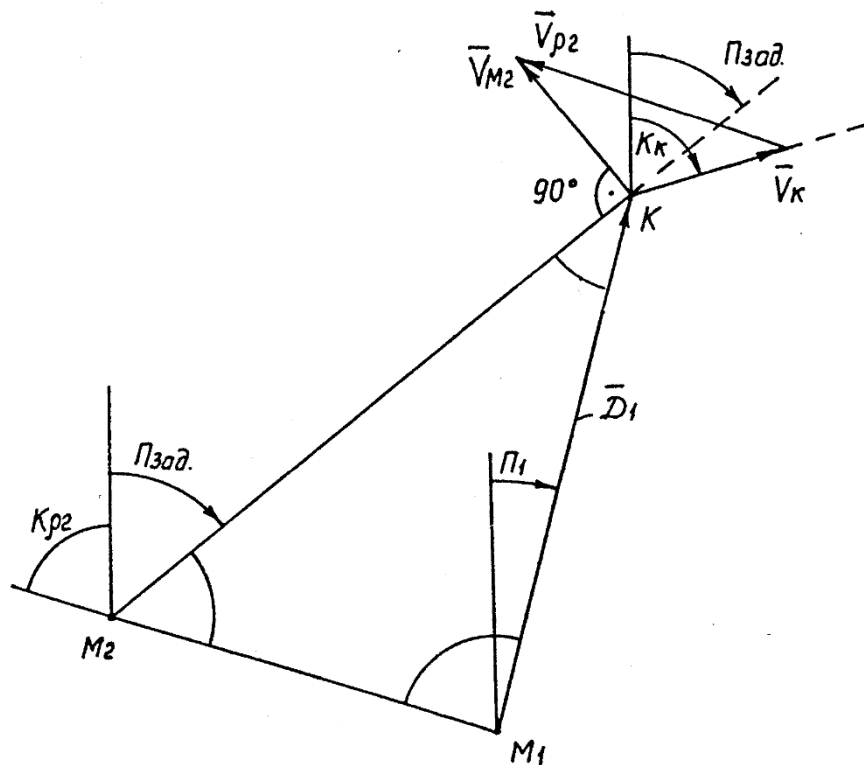


Рисунок 2.2.3 – Елементи позицій під час зміни напрямку в
найкоротший термін

Потрібно вийти на заданий пеленг $\Pi_{\text{зад}} = \Pi_{\Gamma}$ в найкоротший термін.

Трикутник швидкостей будується так, щоб лінія швидкості V_M була спрямована під кутом 90° градусів до лінії заданого пеленга. З точки M_1 паралельно \bar{V}_p , проводиться лінія відносного переміщення S_{p2} до перетину з лінією заданого пеленга. Точка M_1 є заданою позицією.

При маневрі зміни пеленга в заданий термін дистанція D_1 залишається незмінною, а курс МК при досягненні $\Pi_{\text{зад}}$ дорівнює:

$$K_{M2} = \Pi_{\text{зад}} + 90^\circ,$$

де: знак «+» при збільшенні початкового пеленга, а знак «-» при зменшенні початкового пеленга.

Наведемо робочі формули обчислення величин t_{kp} і D_2 на момент виходу на заданий напрямок.

1. з трикутника швидкостей визначимо V_{p2} та K_{p2} :

$$V_{p2Y} = V_M \sin K_M - V_K \sin K_K;$$

$$V_{p2X} = V_M \cos K_M - V_K \cos K_K.$$

$$V_{p2} = \sqrt{V_{p2X}^2 + V_{p2Y}^2};$$

$$\frac{V_K}{\sin (K_M - K_{p2})} = \frac{V_M}{\sin (K_K - K_{M2})};$$

$$K_{p2} = K_{M2} \arcsin \left(\frac{V_K \sin (K_K - K_{M2})}{V_p} \right).$$

2. Із трикутника позицій $M_1 K M_2$ знайдемо відносне зміщення s_{p2} і дальність D_2 :

$$\frac{S_{p2}}{\sin (\Pi_{\text{зад}} - \Pi_1)} = \frac{D_1}{\sin (180^\circ - (K_{p2} + \Pi_{\text{зад}}))},$$

$$S_{p2} = D_1 \frac{\sin (\Pi_{\text{зад}} - \Pi_1)}{\sin (K_{p2} + \Pi_{\text{зад}})};$$

$$\frac{D_2}{\sin (\Pi_1 + K_{p2})} = \frac{D_1}{\sin (180^\circ - (K_{p2} + \Pi_{\text{зад}}))},$$

$$S_{p2} = D_1 \frac{\sin (\Pi_1 + K_{p2})}{\sin (K_{p2} + \Pi_{\text{зад}})};$$

$$3. \text{ Час маневру } T_{\text{кр}} = \frac{D_1 \cos(\Pi_1 - K_{p2})}{V_{p2}}.$$

Алгоритм рішення задачі включає наступні етапи:

1. Введення вхідних даних;
 - Визначення величин:
 - курсу МК K_M для заняття позиції в найкоротший термін;
 - часу заняття позиції T_2 ;
 - найкоротшої відстані $D_{\text{кр}}$ і часу найкоротшого зближення $T_{\text{кр}}$ при проходженні курсом маневру K_{M2} ;
 - діапазону значень $V_{\text{зад}}$, при якому є можливість виконати маневр;
3. Відображення на екрані позицій і векторів швидкості кораблів на початку маневру і після його закінчення.

2.3 АЛГОРИТМИ ЗАДАЧ ПОШУКУ

Розглядаються наступні завдання маневрування при пошуку, обстеження району та стеження за виявленими об'єктами;

- пошук на рубежі (блокування);
- пошук в районі;
- стеження за виявленими об'єктами.

Рішення задач пошуку проводиться аналітичним способом з використанням максимально можливим відображенням на екрані вихідних даних і результатів розрахунку в текстовому і графічному вигляді.

Пошук може здійснюватися одиночним кораблем або групою кораблів з різними способами виконання маневру при зміні курсу.

Для зміни курсу ладу можуть застосовуватися такі способи виконання маневру:

- пошуковий поворот;
- подвійний пошуковий поворот;
- поворот способом заходження;
- поворот способом найкоротших відстаней.

При пошуку на рубежі приймається, що пошукові кораблі мають перевагу в швидкості ходу перед об'єктом пошуку ($V_M > V_K$).

Розглядаються такі основні способи пошуку:

- взаємодоповнюючі галсами (лінійне патрулювання);
- перехресними галсами (перехресне патрулювання);
- патрулювання в строю пеленга.

2.3.1 ПОШУК НА ПРЯМОМУ ГАЛСІ ПАРАЛЕЛЬНИМИ КУРСАМИ

Пошук відбувається при первинному обстеженні району виявлення об'єкта. Галс прокладається так, щоб середина строю спостерігачів пройшла через вихідне місце виявлення об'єкта. Розрахунок пошуку:

1. Розраховуємо час переходу $t_{пер}$ в районі пошуку і час запізнювання $t_{зап}$:

$$t_{пер} = \frac{D_0 - f_{ц} - v_{ц}(t_{инф} + t_{поб}) - v_{с.поб} * t_{поб} - D_{об}}{v_{с.пер} + v_{ц}};$$

$$t_{зап} = t_{инф} + t_{поб} + t_{пер};$$

де D_0 - початкова відстань між місцем виявлення об'єкта і пошуковою групою;

- $f_{ц}$ - гранична помилка в місці виявлення об'єкта;
 - $v_{ц}$ - передбачувана швидкість цілі;
 - $v_{н.постр}$ - швидкість спостерігачів при перестроюванні в пошуковий лад;
 - $v_{н.пер}$ - швидкість спостерігачів при переході в точку перестроювання в пошуковий лад;
 - $D_{об}$ - середня дальність виявлення об'єкта спостерігачем;
 - $t_{инф}$ - час від вихідного моменту виявлення об'єкта до початку руху спостерігачів в районі пошуку;
 - $t_{пер}$ - час перестроювання в пошуковий лад.
2. Знаходимо приведенне видалення $D_{пр}$ спостерігачів від вихідного місця виявлення об'єкта:

$$D_{пр} = D_0 - D_{ук} + v_{н}t_{инф} - (v_{н.постр} - v_{н})t_{постр} - (v_{н.пер} - v_{н}) * t_{пер},$$

де: $D_{ук}$ - відстань, на якій об'єкт, першим виявив спостерігачів, починає маневр ухилення від пошуку.

$V_{н}$ - швидкість спостерігачів при пошуку.

3. Розраховується ширина Π_p , яка підлягає обстеженню району пошуку:

$$\Pi_p = \frac{2 * D_{\text{пр}}}{\sqrt{\left(\frac{v_n}{v_c}\right)^2 - 1}} + 2 * f_c.$$

4. Обчислюється тривалість пошуку t_n (від моменту завершення перебудування на пошуковий лад до закінчення пошуку) D_p :

$$t_n = \frac{D_0 + 2v_c t_{\text{зап}} + 2f_c}{v_n - v_c};$$

$$D_p = v_n t_n.$$

5. Визначається наряд спостерігачів $N_{\text{н.потр}}$, при якому достовірна зустріч з об'єктом:

$$N_{\text{н.потр}} = \frac{\Pi_p + 2D_{\text{ук}} \operatorname{tg} Q - 2D_{\text{об}} \sec Q}{2D_{\text{об}}},$$

$$Q = \arcsin\left(\frac{v_c}{v_n}\right).$$

Знаходиться ймовірність виявлення об'єкту $P_{\text{об}}$. Якщо число N_b здійснюючих пошук кораблів дорівнює або перевищує розраховане, то:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{нпр}} * P_k,$$

де $P_{\text{нпр}}$ – ймовірність непрориву, що обчислюється за формулою:

$$P_{\text{нпр}} = 1 - P_{\text{пр}},$$

Якщо $N_n < N_{\text{н.потр}}$ то

$$P_{\text{об}} = P_{\text{нвых}} * P_{\text{нпр}} * P_k,$$

$$P_{\text{нвых}} = \frac{\theta_1 + \theta_2}{360},$$

де θ_1 – сектор курсів об'єкту, слідуючи яким він потрапляє при зближенні в смугу ширини $2F_{\text{обс}}$, де ухилення від пошуку неможливе;

θ_2 - сектор курсів об'єкта, слідуючи яким він потрапляє в смугу $2F_{\text{обс}}$ при видаленні.

Величини θ_1 та θ_2 обчислюються наступним чином:

- обчислюється величина $2F_{\text{обс}}$

$$2F_{\text{обс}} = (N_{\text{н}} - 1)d_{\text{н}} + 2D_{\text{об}}\sec Q - 2D_{\text{ук}}\operatorname{tg} Q;$$

- обчислюється допоміжний кут;

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{F_{\text{обс}}}{D_{\text{пр}} + f_{\text{ц}}};$$

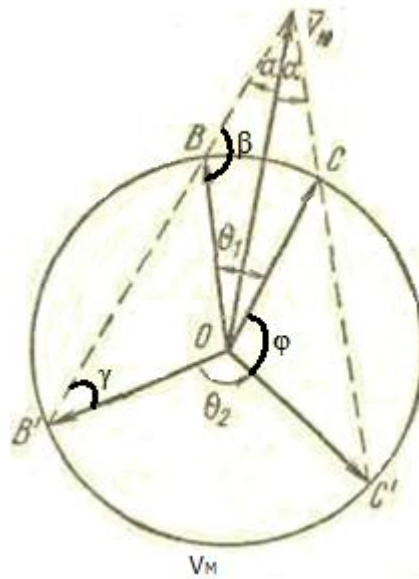


Рисунок 2.3.1 – Вектори швидкості спостерігача та швидкості цілі.

-обчислюються кути θ_1 та θ_2 :

1. $\beta = \arcsin \left(\frac{V_{\text{н}} \cdot \sin \alpha}{V_{\text{ц}}} \right);$
2. $\theta_1 = 2 * (180 - \alpha - \beta);$
3. $\gamma = 180 - \beta;$
4. $\varphi = 180 - 2 * \gamma;$
5. $\theta_2 = 360 - \theta_1 - 2 * \varphi;$

де $V_{\text{ц}}$ – швидкість цілі;

$V_{\text{н}}$ – швидкість нашого корабля.

2.3.2 ПОШУК З ПРИСКОРЕНОЮ ПОБУДОВОЮ НА ПЕРЕХОДІ

Виконується у випадках, коли стандартні способи перебудови не забезпечують своєчасного розгортання спостерігачів у пошуковий лад. При його виконанні побудова в пошуковий лад починається одразу з отриманням інформації про об'єкт.

Розрахунок пошуку:

1. Позначається пеленг розгортання Π_0 , який дорівнює пеленгу з точки H_0 початок розгортання спостерігачів, на точку початкового виявлення об'єкта.
2. Обчислюють допоміжні величини Δ' , A , B , C :

$$\Delta' = f_{\Pi} + v_{\Pi} * t_{\text{инф}};$$

$$A = D_0 - \Delta';$$

$$B = \Delta' * \operatorname{tg} \theta;$$

$$C = m * D_0 * \operatorname{tg} \theta;$$

$$m = \frac{v_{\Pi}}{v_{\text{н.мах}}};$$

$$\theta = 45^{\circ} + \frac{Q}{2}$$

Де $v_{\text{н}}$ – пошукова швидкість спостерігача;

$v_{\text{н.мах}}$ – швидкість ходу при побудові в пошуковий лад.

3. Обчислюється допоміжний кут α :

$$\alpha = 2 * \operatorname{arctg} \left(\frac{A - \sqrt{A^2 + B^2 - C^2}}{C - B} \right).$$

4. Знаходимо час зближення $t_{\text{сб}}$:

$$t_{\text{сб}} = \frac{D_0 - \Delta'}{v_{\text{н.мах}} \cos \alpha + v_{\Pi}}$$

5. Обчислюється ширина району пошуку $Ш_p$:

$$Ш_p = 2(v_{\text{н.мах}} t_{\text{сб}} \sin \alpha + D_{\text{об}}).$$

6. Обчислюється величина $v_{\text{н.мах}} t_{\text{сб}} \cos \alpha$ та вкладається по лінії пеленга розгортання від точки H_0 . Через отриману точку H_1 перпендикулярно прямій $H_0 \Pi_0$, проводиться лінія кінця розгортання. По ній від точки H_1 відкладаються в обидві сторони відрізки, які дорівнюють $v_{\text{н.мах}} t_{\text{сб}} \sin \alpha$. Відрізок EF ділиться на $(N_{\text{н}} - 1)$ рівних ділянок, і наносяться точки кінця розгортання всіх спостерігачів. Обчислюються їх курси та швидкості при розгортанні.

7. Розраховується час пошуку t_{Π} і довжина району пошуку D_p :

$$t_{\Pi} = \frac{2(v_{\Pi} t_{\text{сб}} + \Delta')}{v_{\text{н}} - v_{\Pi}};$$

$$D_p = v_{\text{н}} t_{\Pi}.$$

8. Необхідна кількість спостерігачів та ймовірність виявлення об'єкта розраховується за формулами.

2.3.3 ПАТРУЛЮВАННЯ ВЗАЄМНОПРОТИЛЕЖНИМИ ГАЛСАМИ

Пошук відбувається при будь-якому співвідношенні швидкостей спостерігача цілі:

$$L_{\text{уч}} = N_{\text{н}} * l_{\text{уч}},$$

де $L_{\text{уч}}$ – загальна довжина ділянки рубежа для всіх спостерігачів;
 $l_{\text{уч}}$ – довжина ділянки, який проглядається одним спостерігачів .

$$l_{\text{уч}} = l_{\text{г}} + 2\Delta l, ,$$

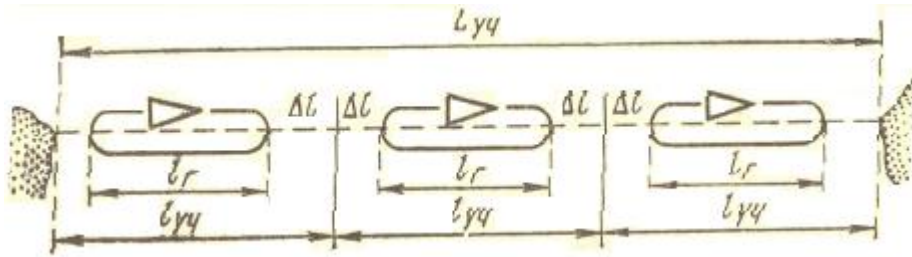


Рисунок 2.3.1 – Елементи позицій під час лінійного патрулювання.

де $l_{\text{г}}$ – довжина галса спостерігача;
 Δl – додаткова ділянка, що переглядається спостерігачем.

$$l_{\text{г}} = D_{\text{об}} \sin \alpha \frac{v_{\text{н}}}{v_{\text{ц}}} ;$$

$$\alpha = \arctg \frac{v_{\text{н}}}{2v_{\text{ц}}} ;$$

$$\Delta l = D_{\text{об}} \cos \alpha ;$$

$$P_{\text{об}} = \frac{L_{\text{уч}}}{L_{\text{уч.з}}} P_{\text{к}},$$

Де $L_{\text{уч.з}}$ – задані розміри ділянок, що відводяться всім спостерігачам

2.3.4 ПАТРУЛЮВАННЯ ПЕРЕХРЕСНИМИ ГАЛСАМИ

Пошук відбувається при не менш ніж двократній перевазі у швидкості спостерігача в порівнянні з об'єктом.

Розрахунки елементів пошуку виконуються за такими формулами:

$$l_{\text{уч}} = l_{\text{в}} + 2\Delta l ,$$

де $l_{\text{в}}$ – довжина вісімки.

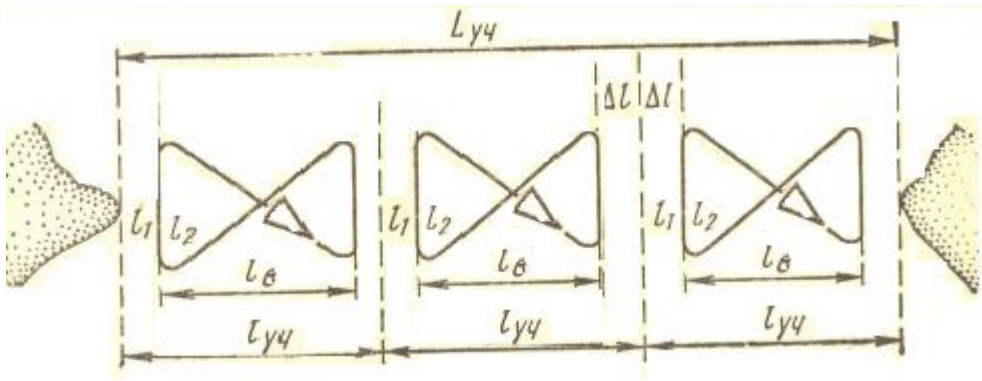


Рисунок 2.3.1 – Елементи позицій під час патрулювання перехресними галсами.

$$l_b = 2 * D_{об} * k * \sqrt{\frac{k-1}{k+1}} * \sin \alpha_B,$$

де $k = \frac{V_H}{V_U}$

$$\alpha_B = \arctg k * \sqrt{\frac{k-1}{k+1}};$$

$$\Delta l = D_{об} * \cos \alpha_B;$$

$$l_1 = \frac{2 * D_{об} * k * \sin \alpha_B}{k+1};$$

$$l_2 = \frac{l_1}{\sin Q} = k * l_1,$$

де l_1 и l_2 - короткий и довгий галси вісімки відповідно.

3. СЕРЕДОВИЩЕ РОЗРОБКИ

Для вибору середовища розробки необхідно враховувати, специфіку програмного продукту і всіх стандартів за якими створюється програма. Основною задачею додатка для маневрування є відображення карт місцевості, обробка даних про навколишню ситуацію які поступають з інших модулів та аналіз рішень описаних вище задач маневрування. Також важливим пунктом є спосіб з'єднання даного додатку з іншими модулями на кораблі, оскільки сам додаток є кінцевою системою і має необхідність в отриманні початкових даних для вирішення задач.

Найчастіше у системах даного типу для цього використовується система поширення даних (DDS). Ця технологія використовує форму передачі даних у вигляді «публікацій» та «підписок», що є абстракцією для комунікації «один до багатьох», забезпечуючи анонімне, відокремлене та асинхронне спілкування між видавцем та його абонентами. Це абстракція за багатьма технологіями, що використовується сьогодні для побудови та інтеграції розподілених програм, таких як соціальні мережі, електронне обслуговування, фінансові операції та багатьох інших.

Основними завданнями, що стоять перед DDS, є надання «публікацій» та «підписок», в яких обмін даними між видавцями та абонентами є [6]:

- Передача у реальному часі, тобто правильна інформація завжди доставляється у потрібному місці в потрібний час.
- Надійність, таким чином забезпечуючи доступність, безпеку та цілісність, незважаючи на апаратні та програмні збої.
- Висока продуктивність, отже, здатна розподіляти дуже великі обсяги даних з дуже низькою затримкою.

3.1. СЕРЕДОВИЩЕ РОЗРОБКИ QT DESIGNER

Враховуючі описані пункти для розробки свого додатку я обрав середовище QtDesigner оскільки це досить поширений інструментарій розробки ПЗ на мові програмування C++ з великою спільнотою, що активно розвиває даний продукт. Також однією з його переваг є можливість скомпілювати написаний код для більшості сучасних операційних систем (ОС) без зміни початкового коду. Дане середовище має все необхідне для створення візуальної частини програмного забезпечення в досить простому вигляді. Віджети які доступні в Qt полегшує розробку інтерфейсу та надає великий вибір функціоналу для роботи користувача. Також є доступ до класів які займаються роботою з базами даних і мережевими технологіями. Qt є повністю об'єктно-орієнтованим, легко розширюваним і підтримує техніку компонентного програмування. Крім цього, в середовищі є доступ до різноманітних допоміжних функцій які надають доступ для роботи з файлами, що є важливим під час розробки даного додатку.

Ще однією перевагою Qt є можливість використання зовнішніх модулів, які поширюються у вільному доступі і регулярно оновлюються спільнотою розробників. Знайти відповідний плагін, який би забезпечував зручну та швидку роботу з будь-якими картами, які є невід'ємною частиною додатку з маневрування корабля, було досить важливим в ході розробки. Враховуючи специфікацію даного програмного забезпечення, і стандартні розширення карт які використовуються у військовій промисловості для обробки цих даних було обрано модуль геоінформаційної системи Конструктор який має великий спектр функцій для реалізації відображення та зміни карт у реальному часі.

3.2. ДОДАТОК ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ QT DESIGNER

Геоінформаційна система (ГІС) Конструктор для QtDesigner (ГІС Конструктор для QtDesigner SE) призначений для розробки ГІС-додатків з використанням середовища візуального програмування QtDesigner [7].

ГІС Конструктор для QtDesigner надає компоненти, що реалізують такі функції:

- відображення цифрових векторних (топографічних, оперативної обстановки, морських навігаційних та ін.), растрових (дані дистанційного зондування Землі) і матричних карт;
- друк даних, що відображаються на різні пристрої виведення;
- пошук об'єктів векторних карт по заданому набору значень атрибутів об'єктів(Семантичної інформації), геометричним параметрам (довжина, площа);
- створення і редагування векторних карт (нанесення, видалення, редагування координат і атрибутів об'єктів карти);
- виконання розрахунків (перерахунок координат для різних систем координат, розрахунок площі і довжини об'єкта, побудова профілю висот і зоною видимості, прокладка маршруту по графу доріг і ін.);
- побудова тривимірної моделі місцевості.

Що задовольняє наші потреби для роботи з картою в повному об'ємі. Також ГІС Конструктор дозволяє обробляти такі види цифрових картографічних даних:

- векторні карти;
- растрові зображення місцевості (растрові карти);
- матричні дані про місцевість.

Цифрові карти мають ієрархічну структуру. На нижньому рівні зберігається інформація про окремі об'єкти карти. Об'єкти можуть бути об'єднані в групи, шари і листи карт. Сукупність листів карт одного масштабу і виду становить район робіт - окрему базу даних цифрових карт. Опис окремого об'єкта складається з метричних даних (координат на місцевості), семантичних даних (властивостей об'єкта), текстових довідкових

даних, ілюстративних графічних даних і інших даних, включаючи унікальний номер об'єкта.

Також слід зауважити, що оновлення бази виконується в режимі виконання транзакцій, що забезпечує відновлення при збоях і повернення на будь-яке число кроків назад. Система управління підтримує високопродуктивний алгоритм індексації даних, що забезпечує максимальну швидкість пошуку і відображення об'єктів карти на стандартних технічних засобах.

Тож маючи даний інструментарій для роботи з картами ми можемо відображати всю необхідну інформацію, а також отримувати дані необхідні для розрахунків поставлених задач маневрування.

4. ОПИС ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ

Розроблена програма є модулем автоматизованого робочого місця капітана корабля, що відповідає за вирішення задач маневрування відносно інших кораблів. в свою чергу працює в комплексі всього корабля за допомогою DDS для отримання необхідних даних для обчислення математичних задач побудови траєкторій та їх відображенні на карті, яка в свою чергу буде надсилатись до інших автоматизованих робочих місць на кораблі.

Додаток забезпечує виконання розрахунків задач описаних в другому розділі роботи. Після виконання задач перехоплення будується оптимальна траєкторія руху корабля, що виконує маневр та очікувані траєкторії руху цілей, а також на екран виводяться необхідні дані для орієнтуванні в швидкості виконання маневру. При виконанні задач пошуку. Виводяться лише данні про побудування правильного строю кораблів, оскільки задача є теоретичною і не має необхідності в відображенні на карті.

Використання даного програмного забезпечення надає можливість значно скоротити час вирішення задач і реакції на події у відкритому морі.

4.1. ІНТЕРФЕЙС КОРИСТУВАЧА

При запуску програми відкривається головне вікно програми (рис. 3.1) яке відображає карту, а також елементи меню за допомогою яких можна змінювати вид карти, масштаб та включати або виключати фільтри на об'єкти що відображаються на карті. За необхідності можливо змінити карту на власну за допомогою вкладки «Вид» або натиснувши комбінацію клавіш *Ctrl* та *A*.

Після підключення до радіолокаційної системи корабля та знаходження інших кораблів вони починають відображатись на карті відповідно до отриманої інформації та стандартів НАТО з відображення морських судів. Також після отримання цієї інформації можна отримати більш детальні дані по кораблю клацнувши на нього мишкою та обравши пункт «Обрати об'єкт маневру».

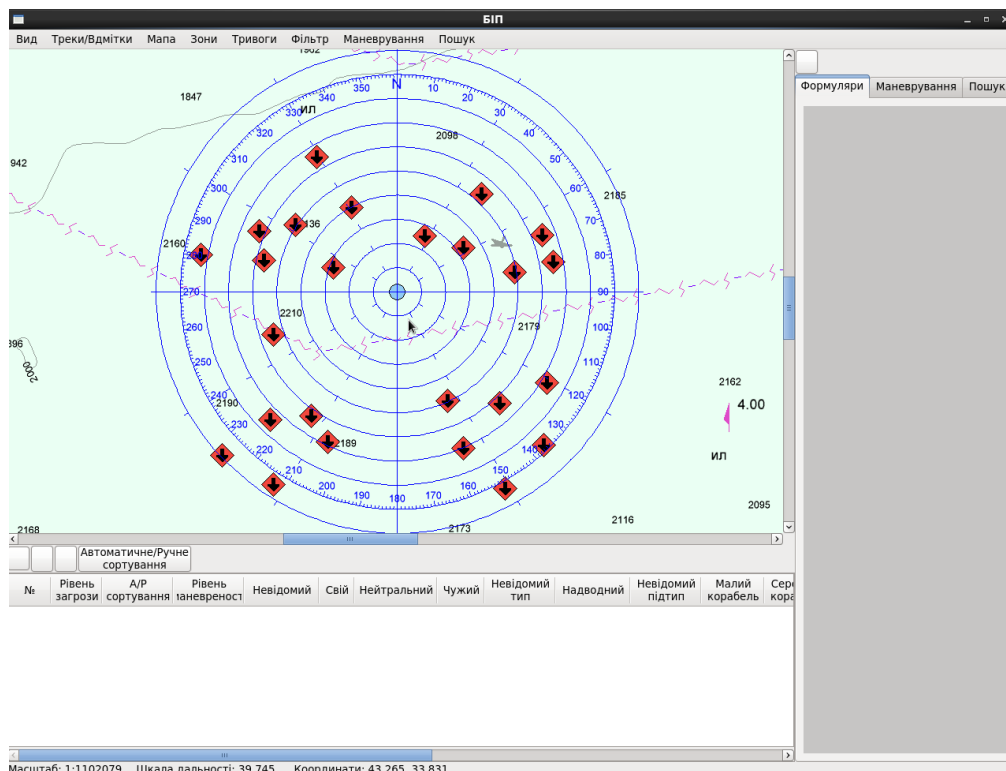


Рисунок. 3.1 – Загальний вигляд програми після підключення РЛС

Після вибору об'єкту формуляр (рис. 3.2). Він поділяється на декілька розділів. Перший відповідає задачі маневрування яка була обрана і може змінюватись в залежності від того які данні ми шукаємо. Після неї знаходиться поле вводу.

Формуляри	Маневрування	Пошук
Зближення		
Курс	<input type="text" value="35.9289"/>	град
Відстань	<input type="text" value="31103.3"/>	м
Час	<input type="text" value="34.5592"/>	хв
Наш корабель		
Швидкість	<input type="text" value="15"/>	м/с
Курс	<input type="text" value="90"/>	град.
Ціль		
Номер	<input type="text" value="1003"/>	
Швидкість	<input type="text" value="5"/>	м/с
Курс	<input type="text" value="330"/>	град.
x	<input type="text" value="16205"/>	
y	<input type="text" value="23435"/>	
z	<input type="text" value="0"/>	
Час маневру	<input type="text"/>	хв
Крок	<input type="text"/>	хв

Рисунок 3.2 – Формуляр цілі

Деякі задачі перехоплення потребують введення додаткових даних, окрім тих які передає безпосередньо радар. Оскільки існують ситуації за яких маневр виконати не можливо, то було додано невелике місце на якому виводиться інформація про помилку введення, або неможливість виконати маневр (рис. 3.3).

Наступними в формулярі є розділи що передаються з РЛС корабля та заповнюється інформацією автоматично та включає в себе наступні пункти:

- Курс та швидкість власного корабля;
- Номер обраного корабля відповідно до інформації с РЛС;
- Швидкість цілі;
- Курс цілі
- Координати.

Задана відстань
М

Задана відстань більша ніж відстань до цілі

Рисунок 3.3 – Відображення інформації про помилку введення даних

В останній частині формуляра можливе заповнення даних необхідних для відображення місцезнаходження кораблів в певні проміжки часу під час виконання маневру (рис. 3.3).

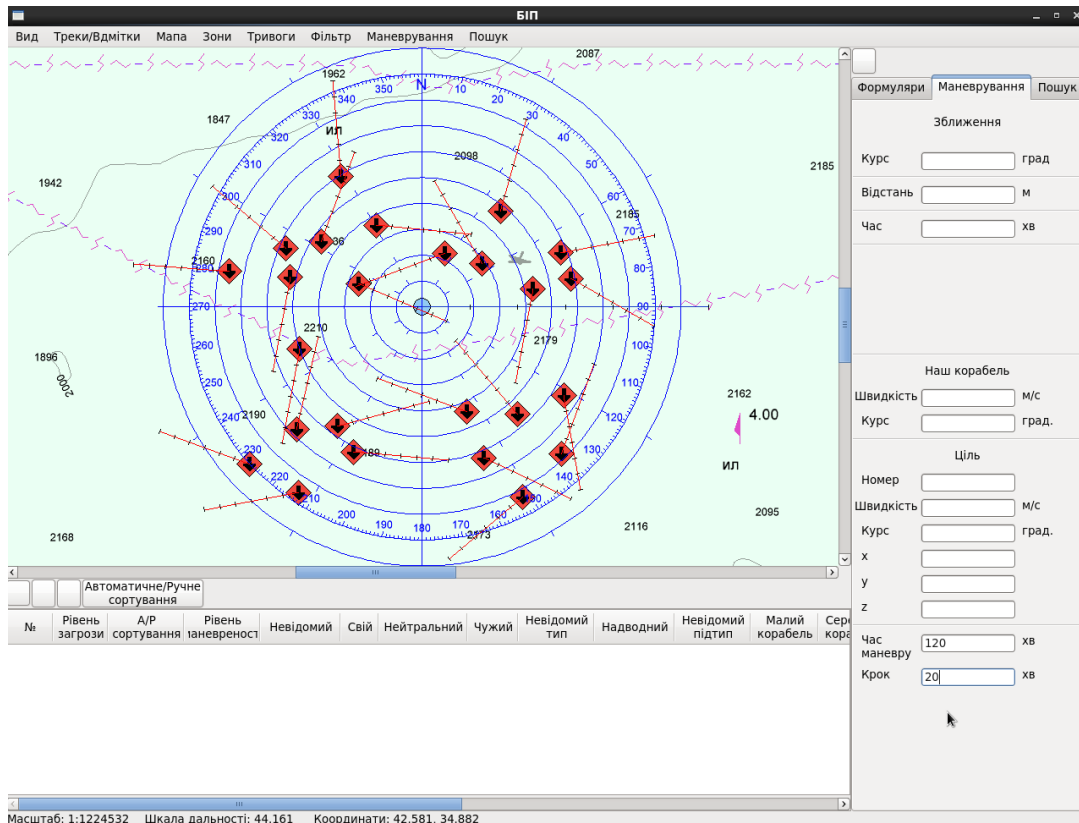


Рисунок 3.4 – Відображення позначок розташування кораблів з певним кроком

Для вирішення задач пошуку було створено додаткове вікно вводу інформації (рис. 3.4) і формуляр для виводу рішення (рис.3.5). Виклик вікна вводу можливе з випдаючого списку «Пошук» і після вибору конкретного алгоритму пошуку яких необхідно розрахувати.

Пошук на рубежі

Nn шт. Vn м/с.

Луч км. Vц м/с.

Доб км. To хв.

Ω град.

OK Cancel

Рисунок 3.4 – Вікно вводу інформації для вирішення задачі пошуку на рубежі

Додатковий формуляр знаходить на вкладці «Пошук» і містить наступні пункти:

- Ширина полос пошуку;
- Довжина полос пошуку;
- Час;
- Вірогідність знаходження цілі.

Формуляри Маневрування Пошук

Назва пошуку

Ширина полос м

Довжина полос м

Час хв

Вірогідність знаходження

Рисунок 3.5 – Вкладка відображення результатів виконання задачі пошуку

Результатом роботи даної програми є вирішена задача маневрування з відповідними даними про ціль, час виконання, курс за яким треба слідувати та відображення траєкторії руху кораблів безпосередньо на карті.

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проєкті було зроблено роботу по перетворюванні теоретичних розрахунків в алгоритми які можливо використовувати для автоматизованого робочого місця на кораблі, а також виконано сам додаток навігаційної обстановки який виконує задачі маневрування корабля. Програмні комплекси які було розглянуто мали менший спектр функцій та можливостей для взаємодії з оточуючими кораблями, або ж виконували лише побудування траєкторії маневрів стосовно перешкод.

Дане програмне забезпечення виконує вимоги, розширює функціонал та надає можливість роботи з картами багатьох типів. Також впроваджено

системи DDS для обміну інформацією з іншими станціями корабля в режимі «реального часу» які було підключено.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. IMO E-Navigation [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Navigation/Pages/eNavigation.aspx> (дата звернення 20.04.2018) – Назва з екрана.
2. Furuno [Електронний ресурс] : [Інтернет-портал]. – Електронні дані. – [Electronic Chart Display and Information System (ECDIS)] – Режим доступу: http://www.furuno.se/fileadmin/files/Manuals/8_GPS_Plotter_ECDIS/FMD-3X00-BB/FMD-3000_OME.pdf (дата звернення 25.04.2018) – Назва з екрана.
3. В. Н. Куевда. Програмно-апаратний комплекс «Тандем». Частина 2. Програмне забезпечення, 1998
4. Каманин В.И., Емец К.А. Справочник штурмана. Москва, Воениздат, 1968.
5. International Recent Issues about ECDIS, e-Navigation and Safety at Sea, Adam Weintrit, 2011, ISBN: 978-0-203-15742-8
6. LAAS-CNRS: Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes Navigation [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: http://www.laas.fr/files/SLides-A_Corsaro.pdf (дата звернення 30.04.2018) – Назва з екрана.
7. ГИС КОНСТРУКТОР ДЛЯ QT DESIGNER Руководство программиста ПАРБ.00008-10 33 01